

廃棄物循環構造を内生化した拡張 SNA 型産業連関モデルの開発

東北大学 学生員 加河茂美
東北大学 F 会員 稲村 肇

1.はじめに

家計の消費活動や産業の経済活動から発生する廃棄物（有価物・無価物）を取り巻く環境問題は、近年重要視されている。これらの活動に伴う廃棄物循環（発生・再利用）の環境影響効果やマクロ経済効果を客観的な科学的方法論に基づき定量評価することは将来の環境問題を考える上で非常に重要であると考えられる。

このような問題意識に対し、本研究ではマクロ経済分析手法として広く用いられている産業連関モデルを環境分析の枠組みにまで拡張することを試みる。従来のいわゆる Leontief 体系の通常産業連関モデルは、便宜上、 (m,m) 型の正方行列を用いて分析が行われている。ところが、通常産業連関モデルを廃棄物循環の問題に応用するとき、家計活動や産業活動からの廃棄物の投入産出プロセスを内生化する必要があり、その際、産業数と商品数が一致することはない。この拡張に対しては、もはや通常のいわゆるレオンチェフ体系における技術的な拡張だけでは解決できないと考える。

そこで、本研究では Leontief の体系をより一般化した SNA 型産業連関システムを応用することにより、生産構造、消費構造、廃棄構造が内生化した拡張産業連関システムを提案する。また、このシステムに対し数理的手段（一般逆行列）を適用することによって、廃棄物循環構造が内生化した拡張 SNA 型産業連関モデルを開発する。

2.モデルの簡易フローチャート

本モデルの簡易フローチャートを下図-1 に示す。

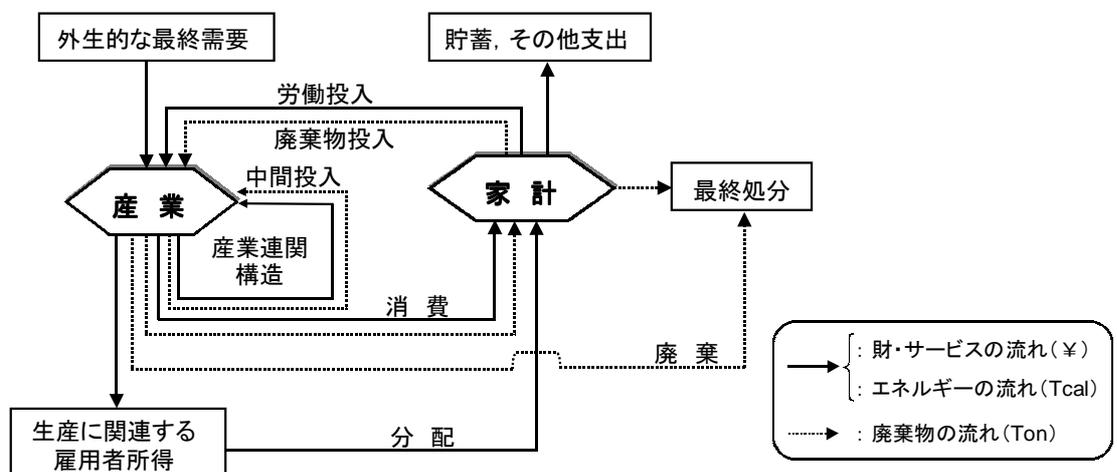


図-1 モデルの簡易フローチャート

本モデルの特徴は、図-1 にも示されているように新たに家計部門の消費構造が内生化されている点である。また、商品の流れが財・サービス、エネルギー、廃棄物に分けられており、それぞれの評価単位が¥、Tcal、Ton で表されている。このハイブリッド形式を SNA 型産業連関システムに適用することにより、モデルの定式化が行われている。

Key Words : 拡張 SNA 型産業連関モデル, ハイブリッド形式

東北大学大学院 情報科学研究科 空間計画科学研究室

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 Phone:022-217-7496 Fax:022-217-7494

3. ハイブリッドモデルの定式化

図-1 を概観しても分かるようにこのハイブリッド形式は明らかに産業の数 (m) よりも商品の数 (n) の数の方が大きくなり、不定産業連関システムとなる。そこで、この不定産業連関システムに対し、一般逆行列を適用する。まず、図-1 のフローチャートを商品技術仮定に基づく SNA 産業連関システムで表記すると下式(1)、(2)のように示される。説明の都合上、エネルギーのハイブリッド表記(Tcal)は省く。

$$\begin{bmatrix} B_{CI}(\text{¥/¥}) & B_{CH}(\text{¥/¥}) \\ B_{WI}(\text{Ton/¥}) & B_{WH}(\text{Ton/¥}) \\ B_{LI}(\text{¥/¥}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_I(\text{¥}) \\ g_H(\text{¥}) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_C(\text{¥}) \\ f_W(\text{Ton}) \\ f_L(\text{¥}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_C(\text{¥}) \\ q_W(\text{Ton}) \\ q_L(\text{¥}) \end{bmatrix} \quad (\text{SNA 体系の商品生産バランスより}) \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} q_C(\text{¥}) \\ q_W(\text{Ton}) \\ q_L(\text{¥}) \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} C_{CI}(\text{¥/¥}) & 0 \\ C_{WI}(\text{Ton/¥}) & C_{WH}(\text{Ton/¥}) \\ 0 & C_{LH}(\text{¥/¥}) \end{bmatrix}}_C \underbrace{\begin{bmatrix} g_I(\text{¥}) \\ g_H(\text{¥}) \end{bmatrix}}_g \quad (\text{SNA 体系の産出の二面性より}) \quad (2)$$

ここで、 B_{CI} 、 B_{WI} 、 B_{LI} は、それぞれ産業総生産量 1 単位(¥)あたりの商品投入量(¥)、廃棄物投入量(Ton)、労働投入量(¥)を表わす投入係数小行列であり、 B_{CH} 、 B_{WH} は、それぞれ家計部門に分配された生産に関連する雇用者所得量 1 単位(¥)あたりの家計消費量(¥)、廃棄物消費量(Ton)を表す投入係数列ベクトルである。つまり、 B_{CH} は限界消費性向に等しくなる。また、 C_{CI} 、 C_{WI} は、それぞれ産業総生産量 1 単位(¥)あたりの商品産出量(¥)、廃棄物産出量(Ton)を表す産出係数小行列であり、 C_{WH} は、雇用者所得 1 単位(¥)あたりの廃棄物産出量(Ton)を表す産出係数列ベクトルを表している。 C_{LH} は労働産出係数(¥)を表している。 f_C 、 f_W 、 f_L は、それぞれ商品最終需要列ベクトル(¥)、廃棄物最終処分量列ベクトル(Ton)、家計部門の貯蓄や支出を表す列ベクトルを表している。産業総生産量列ベクトル、家計総労働生産量をそれぞれ $g_I(\text{¥})$ 、 $g_H(\text{¥})$ 、商品総生産量列ベクトル、廃棄物総生産量列ベクトル、総労働投入量をそれぞれ $q_C(\text{¥})$ 、 $q_W(\text{Ton})$ 、 $q_L(\text{¥})$ とすると、明らかに式(1)、(2)は成立する。式(2)を g について解き、式(1)に代入することによって商品生産量 q についての生産均衡式を得ることができる。しかしながら、前述したようにこのシステムは商品部門の数(n)が産業部門の数(m)より大きくなり不定のシステムとならざるおえない。そこで、本研究では、式(2)に対し数理的手法としてムーアペンローズ一般逆行列(MPI)の導入を試みる。MPI は、基本的には与えられた任意の q に対し、式(2)の残差の 2 乗和 $(Cg - q)^T(Cg - q)$ 、解 g の 2 乗ノルムが最小になるような g が常に一意に定まる逆変換 C^+ を与えるものであり、その条件式は下式(3-a) ~ (3-d)としてよく知られている。

$$CC^+C = C \quad (3-a) \quad C^+CC^+ = C^+ \quad (3-b) \quad (CC^+)^T = CC^+ \quad (3-c) \quad (C^+C)^T = C^+C \quad (3-d)$$

ここで、 T は転置を表す。式(2)において産出係数行列を表す C を、式(3)の条件式に代入し MPI を求めると、式(1)と式(2)から q について生産均衡式を導出することが可能となる。

$$\begin{bmatrix} q_C(\text{¥}) \\ q_W(\text{Ton}) \\ q_L(\text{¥}) \end{bmatrix} = \left(I - \begin{bmatrix} B_{CI}(\text{¥/¥}) & B_{CH}(\text{¥/¥}) \\ B_{WI}(\text{Ton/¥}) & B_{WH}(\text{Ton/¥}) \\ B_{LI}(\text{¥/¥}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{CI}(\text{¥/¥}) & 0 \\ C_{WI}(\text{Ton/¥}) & C_{WH}(\text{Ton/¥}) \\ 0 & C_{LH}(\text{¥/¥}) \end{bmatrix}^+ \right)^{-1} \begin{bmatrix} f_C(\text{¥}) \\ f_W(\text{Ton}) \\ f_L(\text{¥}) \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで、 $+$ は MPI を表す記号である。また、 I は(n,n)型の単位行列を表す。このハイブリッド型の生産均衡式を用いることにより、家計部門まで含めた廃棄物循環の生産波及効果を理論的に近似推計することが可能となる。

4. 結論

本研究では、廃棄物循環構造が内生化されたハイブリッド形式の拡張 SNA 型産業連関システムを提案した。また、この拡張産業連関システムに一般逆行列を導入することによって、廃棄物循環の生産波及効果を物量ベースで推計することが可能な拡張 SNA 型産業連関モデルを導出することができた。

《参考文献》

- (1)加河茂美・稲村肇：SNA 型産業連関表に基づく生産・消費・廃棄の LCA，土木計画学・研究講演集，No.22，pp.797-800，1999。